

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

第2882316号

(45)発行日 平成11年(1999) 4月12日

(24)登録日 平成11年(1999) 2月 5日

(51)Int.Cl. ⁴	識別記号	F I	
H 0 4 B 15/00		H 0 4 B 15/00	
3/50		3/50	
H 0 4 L 12/40		H 0 4 L 25/03	E
25/03		11/00	3 2 0

請求項の数 4 (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平7-220839
(22)出願日 平成7年(1995) 8月29日
(65)公開番号 特開平9-64826
(43)公開日 平成9年(1997) 3月7日
審査請求日 平成9年(1997)11月27日

(73)特許権者 000004260
株式会社デンソー
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(72)発明者 岸上 友久
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本
電装株式会社内
(74)代理人 弁理士 足立 勉

審査官 重田 尚郎

(56)参考文献 特開 昭63-46036 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁶, D B名)
H04B 15/00
H04B 3/50
H04L 12/40
H04L 25/03

(54)【発明の名称】 データ通信装置

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の通信装置と、各通信装置を互いに接続する伝送線とを備え、各通信装置が該伝送線を介してシリアルデータを送受信するデータ通信装置において、

データ送信を行う通信装置には、送信信号に応じて電流量が漸増・漸減する電流を発生し、該電流を前記伝送線に対して流出又は流入するドライバ回路を設け、前記伝送線には、前記ドライバ回路が前記伝送線に対して流出又は流入可能な電流量の最大値よりも小さい所定の一定電流を流す定電流源からなり、該一定電流にて、前記ドライバ回路が伝送線に流出した電流の吸込、又は該伝送線から電流を流入する前記ドライバ回路への電流の供給、を行う終端回路を設け、データ受信を行う通信装置には、前記伝送線の電圧レベ

2

ルが所定レベル以上か否かを判定する電圧比較回路からなる受信回路を設けたことを特徴とするデータ通信装置。

【請求項2】 前記ドライバ回路は、前記送信信号を積分する積分手段と、該積分手段による積分値に応じた電流を発生する電流源とを備えたことを特徴とする請求項1に記載のデータ通信装置。

【請求項3】 前記伝送線に前記終端回路を複数接続し、各終端回路が流す電流量の合計が、前記ドライバ回路が前記伝送線に対して流出又は流入可能な電流量の最大値よりも小さくなるように構成したことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のデータ通信装置。

【請求項4】 前記伝送線は、一対の信号線からなるツイストペア線にて構成され、前記ドライバ回路及び前記終端回路は、夫々、前記伝送線の各信号線に対して互い

に逆方向に電流を流す一対の電流源を備え、前記受信回路は、前記伝送線の各信号線の電圧レベルの大小判定を行うことを特徴とする請求項1～請求項3いずれか記載のデータ通信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、伝送線を介してシリアルデータを送受信するデータ通信装置に関し、特に自動車等に搭載された電子装置間でデータ通信を行うのに好適なデータ通信装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、この種のデータ通信装置では、送信信号の立ち上がり時や立ち下がり時に、伝送線からラジオノイズが放射されることのないよう、伝送線に送信信号を出力するドライバ回路の出力波形の傾きを調整することが行われている。

【0003】例えば、特開平2-119443号公報に開示されているように、PチャネルとNチャネルのMOS-FETをブッシュアップ接続した出力段の入出力間にコンデンサを設け、送信信号を受ける入力段側から出力段に対して送信信号に応じて定電流を流入又は流出させるように構成することにより、入力信号の立ち上がり及び立ち下がり時の出力段からの出力電圧の変化を、コンデンサの容量と電流量とで決まる傾きに制限し、しかも出力電圧が一定となる安定状態と所定の傾きに於て変化する変化状態との間の過渡時には、出力段に設けたMOS-FETの特性によって、出力電圧をよりゆっくりと変化させるようにしたドライバ回路や、特開平4-284757号公報に開示されているように、出力電圧の立ち上がり時及び立ち下がり時には、対数関数回路等を用いて、出力電圧を正弦波状に変化させるようにしたドライバ回路等、ドライバ回路からの出力電圧の急峻な変化を抑えて、伝送線にラジオノイズが発生するのを防止するようにしたデータ通信装置が知られている。

【0004】また、例えば特開平4-120930号公報に開示されているように、ドライバ回路を、ツイストペア線の各信号線に対して定電流を流出／流入させる電流駆動型のドライバ回路として構成し、ツイストペア線に流れる電流の対称性を確保して、伝送線に発生するノイズをより各信号線間に相殺できるようにしたデータ通信装置も知られている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、特開平2-119443号公報に開示されたデータ通信装置では、ドライバ回路からの出力電圧の変化を、MOS-FETの特性を利用して抑制するものであるため、ドライバ回路を、安価なバイポーラトランジスタでは実現できないとか、ドライバ回路の出力段をブッシュアップ構成にしているため、一組の通信装置間でのデータ通信、或は多重通信の内でもマスタースレーブやトークンバッシング等の

各通信装置からの送信信号が衝突しない通信方式にしか利用できないという問題があった。

【0006】一方、特開平4-284757号公報に開示されたデータ通信装置では、CSMA/CD方式等の各通信装置からの送信が衝突する通信方式にも適用でき、また出力電圧波形のエッジ部を正弦波状にしているため、理論的には送信信号の立ち上がり時や立ち下がり時に発生する高調波を良好に抑制できる。しかし、このデータ通信装置では、ドライバ回路に出力電圧波形を正弦波状に変化させる対数変換回路等を設ける必要があるため、回路構成が複雑になるとか、そのドライバ回路からの出力電圧波形が、対数変換回路等を構成する半導体の温度特性に大きく依存するため、自動車のよう使用環境が大きく変化する条件下では、安定した出力電圧波形が得られないといった問題もある。

【0007】そして、特に、これらのデータ通信装置では、ドライバ回路からの出力電圧波形の立ち上がり時及び立ち下がり時の急峻な変化を抑えることにより、ラジオノイズを抑制するものであるため、伝送線に浮遊容量が発生すると、理想的なノイズ抑制効果が得られないといった問題がある。つまり、伝送線に発生する放射ノイズは、単位時間当たりの電流の変化量に依存するものであり、伝送線に浮遊容量が存在すると、ドライバ回路からの出力電圧波形の急峻な変化を抑制しても、その立ち上がり時等には、伝送線に流れる電流波形が急峻に変化することになるため、ドライバ回路の出力電圧波形を調整するようにしたデータ通信装置では、伝送線からの放射ノイズを完全に除去することは困難である。

【0008】また、特開平4-120930号公報に開示されたデータ通信装置では、出力トランジスタを飽和させてしまうと、ノイズ低減効果が著しく低下してしまうため、入出力回路や終端回路とは別にクランプ回路が必要となる。そして、このクランプ回路は、上記公報の実施例からも明らかなように、専用の電源を必要とするため、このクランプ回路には、通信の要・否にかかわらず、電源を常時供給しなければならないといった問題がある。また、このデータ通信装置では、ドライバ回路からの出力電流を制御しているため、伝送線上の浮遊容量による影響は少ないものの、ツイストペア線による差動伝送が前提となっているため、一本の伝送線を用いた通信装置には適用できないといった問題もある。

【0009】一方、特開平4-120930号公報に開示された装置と同等のドライバ回路を、伝送線を一本の信号線にて構成したシステムに適用し、ドライバ回路からの出力電流の変化を鈍らせて、伝送線からの放射ノイズを抑制することとも考えられるが、この公報に開示されているように、終端回路に抵抗器を使用すると、伝送線の電圧は、ドライバ回路からの出力電流と比例した電圧波形になるか、伝送線の浮遊容量のために出力電流よりも更に鈍った電圧波形になってしまい、ドライバ回

路からの送信信号を受信する受信回路において、送信信号を良好に受信することができなくなるという問題が発生する。つまり、受信回路は一般に、コンパレータ等の電圧比較回路で構成されるため、伝送線の電圧波形が鈍ってしまうと、受信回路にて得られる受信信号が送信信号に対して単に遅延されるだけでなく、電圧波形の歪みによって、受信信号のパルス幅が送信信号とは異なるものとなり、良好な受信特性が得られなくなってしまう。

【0010】そして、特に、CSMA/CD等の衝突を前提とするアクセス方式の場合、ドライバ回路から伝送線を経て受信回路に至る経路での信号の遅延が大きくなると、データ通信を正確に行うことができなくなることから、このようなシステムにおいて、上記公報に開示された電流駆動型のドライバ回路を適用するには、電圧波形が許容範囲内での鈍りになるようにしか、電流波形を鈍らせることができず、電流波形の鈍りを小さくすると、放射ノイズが発生し易くなるため、通信精度を確保しつつ放射ノイズを抑制することは極めて困難になる。

【0011】本発明は、こうした問題に鑑みなされたものであり、一本の伝送線を用いてCSMA/CD等の伝送信号の衝突を前提とするデータ通信を行うシステムにおいても、伝送線からの放射ノイズを良好に抑制でき、しかも正確なデータ通信を実現し得るデータ通信装置を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】かかる目的を達成するためになされた請求項1に記載の発明は、複数の通信装置と、各通信装置を互いに接続する伝送線とを備え、各通信装置が該伝送線を介してシリアルデータを送受信するデータ通信装置において、データ送信を行う通信装置には、送信信号に応じて電流量が漸増・漸減する電流を発生し、該電流を前記伝送線に対して流出又は流入するドライバ回路を設け、前記伝送線には、前記ドライバ回路が前記伝送線に対して流出又は流入可能な電流量の最大値よりも小さい所定の一定電流を流す定電流源からなり、該一定電流にて、前記ドライバ回路が伝送線に流出した電流の吸込、又は該伝送線から電流を流入する前記ドライバ回路への電流の供給、を行う終端回路を設け、データ受信を行う通信装置には、前記伝送線の電圧レベルが所定レベル以上か否かを判定する電圧比較回路からなる受信回路を設けたことを特徴とする。

【0013】このように構成された本発明（請求項1）のデータ通信装置においては、ある通信装置がデータ送信を行う際には、その通信装置に設けられたドライバ回路が、送信信号に応じて漸増・漸減する電流を、伝送線に対して流出するか又は伝送線から流入する。そして、伝送線に接続された終端回路が、そのドライバ回路が伝送線に流出した電流を吸い込むか、又は伝送線から電流を流入するドライバ回路に対して電流を供給する。

【0014】また、この終端回路は、ドライバ回路が流出又は流入可能な電流量の最大値よりも小さい所定の一定電流を流す定電流源からなるため、例えば、ドライバ回路が伝送線に電流を流出するように構成され、その最大電流が i_d 、終端回路が吸い込む一定電流の電流値を i_t ($i_t < i_d$) とすると、伝送線の電圧レベルは、ドライバ回路に流入される送信信号のレベル (High・Low) に応じて、以下のように変化し、受信回路を備えた通信装置側にて、この伝送線の電圧レベルから送信信号を正確に受信することができるようになる。

【0015】即ち、まず、ドライバ回路に流入される送信信号がLowレベルからHighレベルに変化すると、ドライバ回路から伝送線に流出される電流（出力電流） i_L は、「0」から徐々に増加してゆく。そして、その出力電流 i_L が、終端回路が吸い込む一定電流 i_t に達するまでの間は、伝送線の電位（電圧レベル）はLowレベルに保持される。

【0016】また、ドライバ回路からの出力電流 i_L が終端回路が吸い込む一定電流 i_t に達しても、ドライバ回路には出力電流を最大値 i_d まで更に増加させる能力があるため、ドライバ回路は出力電流を更に増加させるように動作するが、終端回路は、ドライバ回路からの出力電流 i_L が一定電流 i_t を越えると、ドライバ回路の出力した電流全てを吸い込めないため、伝送線上の電位が急激に増加する。そして、伝送線の電圧レベルがドライバ回路への供給電圧近くなると、ドライバ回路は、それ以上電流を増加させることができなくなって、伝送線の電圧レベルがHighレベルとなり、ドライバ回路の出力電流が終端回路が流す一定電流 i_t になった状態で安定する。

【0017】次に、ドライバ回路に流入される送信信号がHighレベルからLowレベルに反転すると、ドライバ回路は、出力電流 i_L を減少させようとする。そして、ドライバ回路からの出力電流 i_L が終端回路が吸い込む一定電流 i_t よりも減少すると、終端回路の方がより多く電流を吸い込むため、伝送線の電位は、急激に降下をはじめてLowレベルになる。そして、その後、ドライバ回路の出力電流が徐々に減少し続けても、伝送線の電位はLowレベルに保持され、変化しない。

【0018】従って、本発明のデータ通信装置においては、こうしたドライバ回路と終端回路との動作によって、ドライバ回路から伝送線に流出（又は流入）される駆動電流は除々にしか変化しないが、伝送線の電位（電圧レベル）は、ドライバ回路に流入される送信信号に応じて急激に変化することになる。なお、ドライバ回路が伝送線から電流を流入するように構成された場合には、上記説明とは逆に動作することから、上記説明と同様、伝送線の電位（電圧レベル）は、ドライバ回路に流入される送信信号に応じて急激に変化することになる。

【0019】このため、本発明によれば、受信回路を構

成する電圧比較回路が伝送線の電圧レベルと比較する判定用の電圧レベルを、伝送線のHighレベルとLowレベルとの間の任意の値に設定しておくことにより、受信回路においてドライバ回路に入力された送信信号を安定して受信することができ、受信回路における判定用の電圧レベルを厳密に設定することなく、通信装置間でのデータ通信を正確に行うことができるようになる。

【0020】また、伝送線に流れる電流は除々にしか変化しないため、伝送線からの放射ノイズを抑制して、このノイズがラジオ受信機等の他の装置に影響を与えるのを防止できる。そして、特に、本発明によれば、こうしたノイズ除去のために、ドライバ回路からの出力電流の変化を大きく鈍らせても、伝送線の電圧レベルは、送信信号の変化後、ドライバ回路からの出力電流の変化（傾き）と終端回路が流す一定電流とで決定される遅延時間を経過した時点で急変するため、受信回路側では、ドライバ回路からの出力電流の変化特性に影響されことなく、送信信号を復元できる。このため、本発明によれば、CSMA/CD方式等の衝突を前提とするアクセス方式のデータ通信装置であっても容易に適用することができる。

【0021】また本発明のデータ通信装置では、ドライバ回路が伝送線に流出（又は流入）する電流の吸込（又は供給）を終端回路にて行い、しかもこの終端回路が吸い込む（又は供給する）電流量を、ドライバ回路が流出（又は流入）可能な最大電流量よりも小さい値に設定することにより、ドライバ回路が伝送線に流出（又は流入）する電流量を制限し、これによって伝送線の電圧レベルを急激に変化させているため、電流駆動型のドライバ回路を用いた従来装置のように、終端回路とは別にクランプ回路を設ける必要はなく、装置構成を簡素化できる。

【0022】ここで、ドライバ回路は、送信信号がLowレベルからHighレベル或はその逆に反転したときに、伝送線に流出（又は伝送線から流入）する電流量を漸増又は漸減させ、送信信号がHighレベルからLowレベル或はその逆に反転したときに、伝送線に流出（又は伝送線から流入）する電流量を漸減又は漸増させるものであるが、こうしたドライバ回路は、例えば、請求項2に記載の如く、送信信号を積分する積分手段と、この積分手段による積分値に応じた電流を発生する電流源とを用いることにより、極めて簡単に構成することができる。

【0023】また、伝送線に接続する定電流源からなる終端回路は、1個であっても本発明を実現できるが、終端回路が故障した場合等のデータ通信を確保するためには、請求項3に記載のように、伝送線に複数の終端回路を設けることが望ましい。そして、この場合には、請求項3に記載のように、その複数の終端回路が流す電流量の合計が、ドライバ回路が流出又は流入可能な電流量の最大値よりも小さくなるように構成すればよい。

【0024】つまり、このようにすれば、ある終端回路が故障した場合には、全ての終端回路が正常動作している場合に比べて、ドライバ回路から吸い込む（又はドライバ回路に供給する）電流量は少なくなり、ドライバ回路が電流の流出（又は流入）を開始してから伝送線の電圧レベルが反転するまでの時間は短くなるものの、伝送線の電圧レベルは、送信信号の変化に応じて急変することから、受信回路側では、正常時と略同様に送信信号を復元することができるようになり、データ通信を正常時と同様に継続することが可能になる。この結果、請求項3に記載の装置によれば、装置の信頼性をより向上することができる。

【0025】また次に、本発明のデータ通信装置は、上記のように、通信装置に設けられたドライバ回路と伝送線に接続された終端回路との動作により、伝送線に流れる電流を除々に変化させて伝送線に発生する放射ノイズを抑制しつつ、伝送線の電圧レベルをドライバ回路に流入された送信信号に応じて急変させるものであるため、伝送線を一本の信号線にて構成したシステムにおいても容易に実現可能であるが、請求項4に記載のように、伝送線を、一対の信号線からなるツイストペア線にて構成し、ドライバ回路及び終端回路に、夫々、伝送線の各信号線に対して互いに逆方向に電流を流す一対の電流源を設け、受信回路を、伝送線の各信号線の電圧レベルの大小判定を行うように構成すれば、伝送線を構成する一対の信号線間にて高調波ノイズを相殺させることができるため、伝送線からの放射ノイズをより確実に抑制することができる。

【0026】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施例を説明する。まず図2は、本発明が適用された実施例の自動車用データ通信装置全体の構成を表わす概略構成図である。

【0027】図2に示す如く、本実施例のデータ通信装置は、自動車に搭載されたエンジン制御用、トランスミッション制御用、スリップ制御用等の各種電子制御装置（ECU）2a、2b、2c、…、2nを、夫々、一本の伝送線4にて接続し、これらECU2a～2n間にて、伝送線4を介して、車両の各種運転状態を検出した検出データや制御対象の制御状態を表わす制御データ等を送受信して、データの共用化を図る、所謂車両用LANを構築するものである。そして、伝送線4の両端には、夫々、伝送線4から一定電流を吸い込み、グランドライン（アース）となる車体に落す、定電流源からなる一対の終端回路6が接続されている。

【0028】また、図1に示す如く、上記各ECU2（2a～2n）には、制御対象であるエンジンやトランスミッション等の制御量を演算して、対応するアクチュエータを駆動制御するための制御回路（通常マイクロコンピュータにて構成される）や駆動回路とは別に、この制御回路から出力される送信データを受けて、送信用の

9

シリアルデータ（送信信号） T_x に変換し、この変換した送信信号 T_x を、ドライバ回路10を介して、伝送線4上に送出したり、受信回路20を介して伝送線4から受信信号 R_x を取り込み、これを受信データに変換して制御回路に出力する通信IC8が備えられている。

【0029】なお、この通信IC8は、ECU2に設けられた定電圧生成用の電源回路から定電圧 V_D （例えば+5V）を受けて動作する。但し、この通信IC8の機能は、ECU2内の制御回路に組み込み、制御回路を構成するマイクロコンピュータの処理により実現することも

【0030】次に、通信IC8からの送信信号 T_x を受けて伝送線4に信号を出力するドライバ回路10は、基本的に、図2に示す如く、送信信号 T_x を積分する積分器10aと、この積分器10aにて得られた送信信号 T_x の積分値に応じた電流 i_L を生成して、伝送線4に流出する電流源10bとから構成される。なお、このドライバ回路10は、ECU2内の電源回路等に外部から供給される電源電圧 V_c （例えばバッテリー電圧：12V）を受けて動作する。

【0031】また、受信回路20は、ドライバ回路10と同様、外部から供給される電源電圧 V_c を受けて動作し、伝送線4の電圧レベル V_L から、他のECU2からの送信信号 T_x を受信信号 R_x として復元するためのものであり、電源電圧 V_c を分圧して判定電圧 V_s を生成する一対の抵抗器20b、20cと、この抵抗器20b、20cにて生成された判定電圧 V_s と伝送線4の電圧レベル V_L とを大小比較し、「 $V_L \geq V_s$ 」のときにHighレベル、「 $V_L < V_s$ 」のときにLowレベルとなる受信信号 R_x を生成するコンパレータ20aとから構成

【0032】そして、伝送線4に接続された一対の終端回路6が伝送線4から吸い込む一定電流は、その電流量の合計が、ドライバ回路10が伝送線4に流出可能な電流量の最大値 i_d よりも小さい所定電流値 i_t となるように設定されている。このように構成された本実施例のデータ通信装置において、ECU2がデータ送信を行う際には、ECU2内のドライバ回路10が、通信IC8から入力される送信信号 T_x に応じて、伝送線4に流出する出力電流 i_L を漸増・漸減し、伝送線4に接続された一対の終端回路6が、ドライバ回路10が伝送線4に流出した電流の吸い込むことから、伝送線4の電圧レベルは、送信信号 T_x の反転後の所定タイミングでHighレベル又はLowレベルに急変することになる。

【0033】即ち、図3に示す如く、通信IC8からドライバ回路10に出力される送信信号 T_x がLowレベルからHighレベルに反転すると、ドライバ回路10において、積分器10aからの出力電圧が電圧値「0」から一定の傾きにて徐々に増加してゆき、電流源10bにてその出力電圧に応じた電流が生成されて、伝送線4に出力

10

されることから、伝送線4には、送信信号 T_x の立ち上がり後、徐々に増加する電流 i_L が流れることになる。そして、このドライバ回路10からの出力電流 i_L が、一対の終端回路6が吸い込む電流量の合計である一定電流 i_t に達するまでの間は、伝送線4の電位はLowレベル（0V）に保持される。

【0034】また、ドライバ回路10からの出力電流 i_L が一対の終端回路6が吸い込む一定電流 i_t に達しても、ドライバ回路10には出力電流を最大値 i_d まで更に増加させる能力があるため、ドライバ回路10は出力電流を更に増加させるように動作するが、一対の終端回路6は、ドライバ回路10からの出力電流 i_L が一定電流 i_t を越えると、ドライバ回路10の出力した電流全てを吸い込めないため、伝送線4の電位が急激に増加する。そして、伝送線4の電圧レベルがドライバ回路10への供給電圧 V_c 近くになると、ドライバ回路10は、それ以上電流を増加させることができなくなって、伝送線4の電圧レベルが電源電圧 V_c となり、ドライバ回路10の出力電流が、一対の終端回路6が流す一定電流 i_t になった状態で安定する（時点 t_1 ）。

【0035】次に、ドライバ回路10に入力される送信信号 T_x がHighレベルからLowレベルに反転すると、ドライバ回路10内では、積分器10aからの出力電圧が、送信信号 T_x のHighレベルに対応した所定値「H」から一定の傾きにて徐々に減少することから、電流源10bも伝送線4への出力電流 i_L を減少させるように動作する。そして、積分器10aからの出力電圧が、一対の終端回路6が吸い込む電流値 i_t よりも小さい出力電流 i_L を発生させる値まで減少し、電流源10bからの出力電流 i_L が、一対の終端回路6が吸い込む一定電流 i_t よりも減少すると、伝送線4の電位は、急激に降下をはじめてLowレベル（0V）になり、その後、伝送線4の電位はLowレベルに保持される（時点 t_2 ）。

【0036】従って、本実施例のデータ通信装置においては、ECU2に設けられたドライバ回路10と伝送線4に接続された一対の終端回路6との動作によって、ドライバ回路10から伝送線4への出力電流 i_L を除々に変化させて、放射ノイズの発生を防止しつつ、伝送線4の電圧レベル V_L を、送信信号 T_x に応じて急変させることができ、受信回路20において、この電圧レベル V_L と判定電圧 V_s との大小判定を行うことにより、他のECU2が伝送線4に送出した送信信号 T_x を正確に復元できるようになる。

【0037】そして、受信回路20において判定電圧 V_s を決定する分圧用の抵抗器20b、20cは、ドライバ回路10に供給される電源電圧 V_c を分圧するようにされているため、これら各抵抗器20b、20cに同じ抵抗値の抵抗器を用いれば、判定電圧 V_s を、伝送線4のHighレベルとLowレベルとの間の中間の電圧値に簡単に設定することができ、しかも、この伝送線4の電位

は、HighレベルからLowレベル或はその逆に急変するため、受信回路20においては、この判定電圧 V_s を設定する抵抗器20b、20cの抵抗値を厳密に調整することなく、伝送線4に流れる送信信号Txを正確に復元することができる。

【0038】また、本実施例においては、伝送線4からの放射ノイズを抑制するために、ドライバ回路10において送信信号Txを積分し、その積分値に応じた電流量にて伝送線4に電流を流出するようにしているが、伝送線4の電圧波形は、この出力電流の波形（傾き）に関係なく矩形波状に変化するため、受信回路20側では、ドライバ回路10からの出力電流の変化特性に影響することなく送信信号を復元でき、CSMA/CD方式等の衝突を前提とするアクセス方式のデータ通信装置であっても容易に適用することができる。

【0039】つまり、ドライバ回路10に入力される送信信号Txが反転した後、伝送線4の電位が変化するまでの遅れ時間は、ドライバ回路10を構成する積分器10a及び電流源10bの遅れ時間と、出力電流 i_L の傾きと、一対の終端回路6が流す電流値とにより決定される。この遅れ時間は、伝送線4の浮遊容量等によっても若干変化するが、ドライバ回路10は遅れに応じて出力電流を増加させていくため、電位変化の時間差を小さくできる。このため、受信回路20にて得られる受信信号Rxのパルス幅と送信信号Txのパルス幅とが大きく異なるとか、或は受信信号Rxのパルス幅が使用条件によって変化するといったことはなく、CSMA/CD方式等の衝突を前提とするアクセス方式のデータ通信装置であっても正確なデータ通信を実現できるようになるのである。

【0040】また、本実施例では、伝送線4の両端に一対の終端回路6を接続しているため、一方の終端回路6が故障したり、伝送線4が途中で断線したような場合でも、伝送線4を介して接続されたECU2間では、略正常通りにデータ通信を行うことができ、装置の信頼性を向上することができる。つまり、こうした異常が発生しても、一つの終端回路6によって伝送線4から電流を吸い込むことができるため、異常発生時には、終端回路6が伝送線4から吸い込む電流が正常時よりも少なくなると、送信信号Txの反転後、伝送線4の電圧レベルVLが反転するまでの時間は短くなるものの、こうした遅れ時間の変化によって、受信回路20にて生成される受信信号Rxのパルス幅が大きく変化することはないため、データ通信を継続することができるようになるのである。

【0041】ここで、上記実施例では、ドライバ回路10を、積分器10aと電流源10bとにより構成するものとして説明したが、このドライバ回路10は、より具体的には、例えば、図4(a)又は(b)に示すように構成すればよい。以下、これら各ドライバ回路について

説明する。

【0042】まず、図4(a)は、ドライバ回路10を最小限のディスクリート回路で実現した場合の回路図を表わしている。図4(a)に示す如く、このドライバ回路10は、NPN型のトランジスタTR11と、PNP型のトランジスタTR12との2つのトランジスタを備えている。そして、トランジスタTR11のベースは、抵抗器R11を介して通信IC8の送信信号Txの出力ポートに接続されると共に、抵抗器R12を介してグラウンドラインに接地され、コレクタは、抵抗器R13及び抵抗器R14を介して電源電圧Vcを供給する電源ラインに接続され、エミッタは、グラウンドラインに接地されている。また、トランジスタTR12のベースは、抵抗器R13と抵抗器R14との接続点に接続され、エミッタは、インダクタL11を介して電源ラインに接続され、コレクタは、伝送線4に接続されている。

【0043】このように構成されたドライバ回路10では、通信IC8からの送信信号TxがLowレベルからHighレベルに反転すると、抵抗器R11と抵抗器R12とで分圧された信号にて、トランジスタTR11のベースに電流が流れ込み、トランジスタTR11がON状態となる。そして、トランジスタTR11がON状態になると、抵抗器R13、抵抗器R14、及びトランジスタTR11を通して電流が流れ、トランジスタTR12のベースが電源電圧よりも低くなって、抵抗器R14がトランジスタTR12のベース電流を引き込むことから、トランジスタTR12もON状態となる。

【0044】こうしてトランジスタTR12がON状態になると、伝送線4に急激に電流を流しはじめようとするが、トランジスタTR12のエミッタ側にはインダクタL11が設けられているため、インダクタL11が急激な電流変化を阻止し、トランジスタTR12から伝送線4への出力電流（コレクタ電流） i_L は徐々に増加してゆく。

【0045】この結果、伝送線4には、通信IC8からの送信信号Txにより積分された電流が出力されることになる。つまり、このドライバ回路10では、インダクタL11及びトランジスタTR12が積分器及び電流源として機能し、トランジスタTR11及び抵抗器R11～R14が通信IC8からの送信信号Txに応じてこれら各部を駆動制御する駆動制御回路として動作する。

【0046】またこのドライバ回路10において、通信IC8からの送信信号TxがLowレベルに反転すると、トランジスタTR11がOFF状態となり、トランジスタTR12のベースが電源電圧Vcに近付いて、トランジスタTR12を急激にOFFしようとする。しかし、トランジスタTR12のエミッタには、インダクタL11が接続されているため、このインダクタL11が、エミッタ電流の減少に伴い、エミッタ電圧を上昇させようとする。この結果、トランジスタTR12は急激にOFFすることができず、トランジスタTR12のコレクタ電流、延いては伝

13

送線 4 への出力電流 i_L は、インダクタ L_{11} に蓄積されたエネルギーにより、除々に減少されることになる。

【0047】従って、図 4 (a) に示すドライバ回路 10 によれば、送信信号 T_x に応じて伝送線 4 への出力電流 i_L を漸増・漸減させるドライバ回路を、2 個のバイポーラトランジスタと抵抗器とインダクタとからなる簡単な構成にて安価に実現できる。

【0048】ところで、図 4 (a) に示したドライバ回路 10 では、インダクタ L_{11} を用いて、伝送線 4 への出力電流 i_L を除々に変化させるようにしているが、この回路は、インダクタ L_{11} を用いるので、IC 化するのは困難であり、IC 化する場合には、インダクタ L_{11} を別途外付けする必要がある。

【0049】これに対して、図 4 (b) に示すドライバ回路 10 は、インダクタ L_{11} を用いることなく実現でき、IC 化を容易に図ることのできるドライバ回路を表わしている。即ち、図 4 (b) に示すドライバ回路 10 は、電流量 i_1 の一定電流を流す定電流源 12 と、この定電流源 12 が流す電流量 i_1 の 2 倍の電流量 i_2 にて一定電流を流す定電流源 14 とを備えている。そして、これら各定電流源 12、14 は、FET 等で構成されたスイッチ回路 SW_{11} を間に挟んで、定電流源 12 側から定電流源 14 側に電流が流れるように、電源電圧 V_c を供給する電源ラインとグランドラインとの間に設けられており、電源ライン側の定電流源 12 には、コンデンサ C_{21} 及びツェナーダイオード ZD_{21} が並列接続されている。

【0050】また、このドライバ回路 10 には、エミッタが抵抗器 R_{21} を介して電源ラインに接続され、コレクタが伝送線 4 に接続された PNP 型のトランジスタ TR_{21} と、非反転入力端子 (+) が定電流源 12 とスイッチ回路 SW_{11} との接続点に接続され、出力端子がトランジスタ TR_{21} のベースに接続され、反転入力端子 (-) がトランジスタ TR_{21} のエミッタに接続されたオペアンプ OP1 と、が備えられている。

【0051】なお、スイッチ回路 SW_{11} は、通信 IC 8 からの送信信号 T_x を受けて動作し、送信信号 T_x が High レベルであるとき ON 状態となり、Low レベルであるとき OFF 状態となるようにされている。このように構成されたドライバ回路 10 では、通信 IC 8 からの送信信号 T_x が Low レベルから High レベルに反転すると、スイッチ回路 SW_{11} が ON する。このとき、定電流源 12、14 が共に動作し、夫々、一定電流 i_1 、 i_2 を流そうとするが、定電流源 12 が流す一定電流 i_1 に対して、定電流源 14 が流す一定電流 i_2 の方が大きいことから、コンデンサ C_{21} は、その電流差に応じた一定電流 $i_1 (= i_2 - i_1)$ にて充電されることになり、オペアンプ OP1 の非反転入力端子 (+) への入力電圧が電源電圧 V_c から除々に低下してゆく。

【0052】なお、コンデンサ C_{21} には、ツェナーダイ

14

オード ZD_{21} が並列に接続されているため、コンデンサ C_{21} への充電は、その両端電圧が、ツェナーダイオード ZD_{21} の降伏電圧にて決定される所定電圧になるまで行われ、送信信号 T_x が High レベルであるとき、オペアンプ OP1 の非反転入力端子 (+) への入力電圧は、最終的には、電源電圧 V_c からツェナーダイオード ZD_{21} の降伏電圧を減じた所定電圧まで低下する。

【0053】そして、オペアンプ OP1 は、非反転入力端子 (+) の電位と、反転入力端子 (-) の電位 (延いてはトランジスタ TR_{21} のエミッタ電圧) とが同じになるように、出力信号を発生するため、非反転入力端子 (+) への入力電圧が電源電圧 V_c から低下してゆくと、オペアンプ OP1 は、トランジスタ TR_{21} のエミッタ電圧がその入力電圧と同じになるように、トランジスタ TR_{21} のベース電流を制御することになる。

【0054】この結果、トランジスタ TR_{21} のエミッタ電流は除々に増加し、抵抗器 R_{21} の抵抗値によって傾きが設定される積分波形となる。そして、トランジスタ TR_{21} のコレクタ電流は、このエミッタ電流と同様に増加するため、ドライバ回路 10 からの出力電流 i_L は、送信信号 T_x の立上がり後、除々に増加することになる。

【0055】次に、通信 IC 8 からの送信信号 T_x が High レベルから Low レベルに反転すると、スイッチ回路 SW_{11} が OFF し、定電流源 14 は、定電流源 12 側からの電流の吸い込みを停止するため、コンデンサ C_{21} に蓄積された電荷は、定電流源 12 が流す一定電流 i_1 にて除々に放電される。すると、スイッチ回路 SW_{11} が ON 状態であったときとは逆に、オペアンプ OP1 の非反転入力端子 (+) への入力電圧は、略電源電圧 V_c となるまで除々に増加することになり、トランジスタ TR_{21} から伝送線 4 への出力電流 i_L は除々に減少してゆくことになる。

【0056】なお、ツェナーダイオード ZD_{21} は、オペアンプ OP1 の非反転入力端子 (+) への入力電圧が低くなりすぎるのを制限するためのものであり、その降伏電圧には、トランジスタ TR_{21} を完全に ON 状態にするのに充分で、かつ最小の値に設定することが好ましい。つまり、ツェナーダイオード ZD_{21} を設けないか、或は設けてもその降伏電圧が高いと、トランジスタ TR_{21} が完全に OFF して、伝送線 4 に流出する電流量が零になるまでの時間が長くなることから、ツェナーダイオード ZD_{21} には、その降伏電圧が、トランジスタ TR_{21} が ON するのに充分で最小の値となるツェナーダイオードを使用することが望まれる。

【0057】このように図 4 (b) に示したドライバ回路 10 によれば、通信 IC 8 から出力される送信信号 T_x に応じてコンデンサ C_{21} を充・放電して、送信信号 T_x に応じて漸増・漸減する電流制御用の電圧を生成し、この電圧をオペアンプ OP1 の非反転入力端子 (+) に入力することにより、トランジスタ TR_{21} を介して伝送

50

線 4 に流出する出力電流 i_L を制御するようにされている。従って、図 4 (a) に示したドライバ回路のようにインダクタを用いることなく実現でき、ドライバ回路 10 の IC 化を容易に図ることができる。

【0058】なお、図 4 (b) のドライバ回路 10 においては、電流制御用の電圧を生成する、コンデンサ C21、定電流源 12、14、ツェナーダイオード ZD21、及びスイッチ回路 SW11が、図 1 に示した積分器 10a として動作し、オペアンプ OP1、トランジスタ TR21、及び抵抗器 R21が、電流源 10b として動作することになる。

【0059】次に、上記実施例において、終端回路 6 は、伝送線 4 から一定電流を吸い込む定電流源であればよいことから、従来より知られている種々の定電流回路を使用することができるが、その一例を図 5 (a) ~ (c) に示し、簡単に説明する。まず、図 5 (a) に示す終端回路 6 は、一対のトランジスタからなるカレントミラー回路を利用した定電流回路であり、NPN 型のトランジスタ TR31、TR32 を備えている。そして、これら各トランジスタ TR31、TR32 のベースを互いに接続すると共に、エミッタを各々接地し、一方のトランジスタ TR31 のコレクタには、抵抗器 R31 を介して電源電圧 V_c を供給する電源ラインを接続し、他方のトランジスタ TR32 のコレクタには伝送線 4 を接続して、トランジスタ TR31 のベース・コレクタ間を接続している。この結果、一方のトランジスタ TR31 には、電源電圧 V_c と抵抗器 R31 の抵抗値とで決定される一定電流が流れ、他方のトランジスタ TR32 が、これと同じ一定電流を、伝送線 4 から吸い込むようになる。

【0060】次に、図 5 (b) に示す終端回路 6 は、コレクタが伝送線 4 に接続され、エミッタが抵抗器 R42 を介して接地された、NPN 型のトランジスタ TR41 を備えている。そして、このトランジスタ TR41 のベースは、ダイオード D41 のアノードに接続されると共に、抵抗器 R41 を介してトランジスタ TR41 のコレクタに接続されており、更にダイオード D41 のカソードは、カソードが接地されたダイオード D42 のアノードに接続されている。このように構成された終端回路 6 では、伝送線 4 の電位が高くなると、抵抗器 R41 を介して、ダイオード D41、D42 に電流が流れ、トランジスタ TR41 のベース電位が、ダイオード D41、D42 の順方向電圧降下分（約 1.2 V）に固定される。この状態では、トランジスタ TR41 は、ON 状態となって、伝送線 4 から電流を吸い込むが、トランジスタ TR41 のエミッタ電圧（つまり抵抗器 R42 の両端電圧）がダイオード一個分の順方向電圧降下分になった状態で安定するため、トランジスタ TR41 が吸い込む電流は、ダイオード一個分の順方向電圧降下分（約 0.6 V）と抵抗器 R42 の抵抗値とで決定される一定電流となる。従って、この回路においても、伝送線 4 から一定電流を吸い込む定電流源として動作するこ

とになる。

【0061】なお、抵抗器 R41 におけるトランジスタ TR41 のベースとは反対側端部を、トランジスタ TR41 のコレクタ（つまり伝送線 4）に接続しているのは、トランジスタ TR41 のベースにダイオード D41、D42 により決定される定電圧を印加するためであることから、この抵抗器 R41 の一端は、必ずしも伝送線 4 に接続する必要はなく、図に点線で示すように、他の電源に接続してもよい。

【0062】また次に、図 5 (c) に示す終端回路 6 は、ドレインが伝送線 4 に接続され、ソースが抵抗器 R51 を介して接地され、ゲートが接地された、N チャネルのジャンクション FET51 から構成されている。このように構成された終端回路 6 では、ジャンクション FET51 が、自ら流しだすソース電流と抵抗器 R51 の抵抗値とにより、ゲートのバイアス電圧を制御して、伝送線 4 から一定電流を吸い込むように動作する。そして、この回路によれば、終端回路 6 を最も簡単に構成することができる。

【0063】次に、ECU2 内の通信装置を構成する当たって、その回路の保護も考慮した実用的な通信装置について説明する。図 6 は、終端回路 6 に図 5 (b) に示した定電流回路を用いたデータ通信装置における ECU2 内の通信装置の一例を表わす。

【0064】図 6 に示す如く、この通信装置において、受信回路 20 は、図 1 に示した受信回路 20 と同様、判定電圧 V_s 設定用の抵抗器 20b、20c と、コンパレータ 20a とを備えているが、更に、コンパレータ 20a と伝送線 4 とを接続する信号線 30 上に、コンパレータ 20a の入力保護用の抵抗器 20d が設けられている。

【0065】また、ドライバ回路 10 は、基本的には、図 4 (a) に示した回路が使用されるが、伝送線 4 のグラウンドショートから電流出力用のトランジスタ TR12 を保護するために、トランジスタ TR12 のエミッタとインダクタ L11 との間に設けられた抵抗器 R15 と、コレクタがトランジスタ TR12 のベースに接続され、ベースがインダクタ L11 と抵抗器 R15 との接続点に接続され、エミッタが電源ラインに接続された PNP 型のトランジスタ TR13 と、が追加されている。この結果、伝送線 4 のグラウンドショートによってドライバ回路 10 から過大な電流が流れ出そうとしたとき、抵抗器 R15 において電圧降下が発生して、トランジスタ TR13 が ON 状態となり、トランジスタ TR12 のベース電流を減らし、トランジスタ TR12 から伝送線 4 に過電流が流れるのを防止することができる。つまり、抵抗器 R15 とトランジスタ TR13 とにより過電流保護回路を形成しているのである。

【0066】また、伝送線 4 側からドライバ回路 10 に過電圧が印加されることのないよう、ツェナーダイオード ZD11 が設けられ、更に、当該 ECU2 への電源供給が停止しても、伝送線 4 上の信号に影響を与えることの

17

ないように、ダイオードD11、D12が設けられている。つまり、電流出力用のトランジスタTR12のコレクタと伝送線4の間に、カソードを伝送線4側に設けてダイオードD11が設けられ、また伝送線4には、ダイオードD12のアノードが接続され、ダイオードD12のカソードは、ツェナーダイオードZD11を介して接地されている。この結果、伝送線4に過電圧が発生しても、その電圧をツェナーダイオードZD11の降伏電圧とダイオードD12の順方向電圧降下分とで決定される所定電圧以下に抑えることができ、また、ダイオードD11、D12により、ECU2への電源供給が遮断された場合に、伝送線4側からECU2内に電流が流れ込んだりするのを防止できる。

【0067】以上、本発明の一実施例として、一本の伝送線4を介して複数のECU2a~2nを接続し、各ECU2内に設けたドライバ回路10から伝送線4に電流を流出し、伝送線4に接続した終端回路6側で伝送線4に流れる電流を吸い込むことにより、伝送線4に流れる電流を除々に変化させて放射ノイズを抑制しつつ、伝送線4の電位を送信信号Txに応じてHigh/Lowいずれかの2値レベルに急変させて、正確なデータ通信を実現できるようにしたデータ通信装置について説明したが、例えば、ドライバ回路10を伝送線4から電流を吸い込むように構成し、終端回路6を伝送線4に一定電流を流出するように構成しても、上記実施例と同様の効果を得ることができる。

【0068】また、例えば図7に示す如く、伝送線4を一对の信号線4a、4bからなるツイストペア線にて構成し、ドライバ回路10を、伝送線4の各信号線4a、4bに対して、夫々、電流の流出及び流入を行う一对の電流源から構成し、終端回路6を、伝送線4の各信号線4a、4bに対して、夫々、電流の流入及び流出を行う一对の定電流源から構成してもよい。

【0069】即ち、図7に示すデータ通信装置において、終端回路6は、ベースが互いに接続されると共にエミッタが接地されてカレントミラー回路を構成する3つのNPN型トランジスタTR71、TR72、TR73と、ベースが互いに接続されると共にエミッタが電源ラインに接続されてカレントミラー回路を構成する2つのPNP型トランジスタTR74、TR75とを備えている。

【0070】そして、トランジスタTR71は、図5(a)に示したトランジスタTR31と同様、コレクタが抵抗器R71を介して電源ラインに接続されると共に、コレクタ・ベース間が接続され、トランジスタTR73のコレクタには、図5(a)に示したトランジスタTR32と同様、伝送線4を構成する一方の信号線4aに接続されている。この結果、トランジスタTR71には、電源電圧Vcと抵抗器R71の抵抗値とで決定される一定電流が流れ、トランジスタTR73が、これと同じ一定電流を、信号線4aから吸い込むようになる。

【0071】また、トランジスタTR72のコレクタは、

18

トランジスタTR74のコレクタに接続され、トランジスタTR74のコレクタ・ベース間は互いに接続され、更にトランジスタTR74と共にカレントミラー回路を構成するトランジスタTR75のコレクタは、伝送線4を構成するもう一方の信号線4bに接続されている。トランジスタTR72は、トランジスタTR71、TR73と共にカレントミラー回路を構成しているため、トランジスタTR72には、トランジスタTR74を介して、トランジスタTR71、TR73に流れる信号線4aからの吸い込み電流と同じ一定電流が流れる。この結果、トランジスタTR74、延いてはトランジスタTR75にも、この吸い込み電流と同じ一定電流が流れることになり、信号線4bには、トランジスタTR75のコレクタから、この一定電流が流出されることになる。

【0072】つまり、図7に示す終端回路6においては、トランジスタTR73、TR75が夫々一定電流を流す電流源として機能し、伝送線4の一方の信号線4aから一定電流を吸い込み、他方の信号線4bに対して一定電流を供給するように動作する。一方、ECU2内の通信装置においては、受信回路20が、各信号線4a、4bの電位を比較するコンパレータCPにより構成されており、信号線4bの電位に比べて信号線4aの電位が高いときにHighレベル、逆に、信号線4bの電位に比べて信号線4aの電位が低いときにLowレベルとなる受信信号Rxを生成して、通信IC8に入力するようにされている。

【0073】またECU2内の通信装置において、ドライバ回路10は、伝送線4の一方の信号線4aに電流を流出する流出用ドライバ回路と、伝送線4のもう一方の信号線4bから電流を吸い込む流入用ドライバ回路とから構成されている。そして、流出用ドライバ回路は、図4(a)に示したドライバ回路10と同様に、NPN型のトランジスタTR61と、PNP型のトランジスタTR62と、通信IC8から出力される送信信号TxをトランジスタTR61のベースに入力して、送信信号TxがHighレベルであるときにトランジスタTR61をON状態にするための抵抗器R62と、トランジスタTR61のON時に流れる電流を制限するためにトランジスタTR61のコレクタと電源ラインとの間に直列に設けられると共に、トランジスタTR61のON時にトランジスタTR62のベース電圧を電源電圧よりも低くするために接続点がトランジスタTR62のベースに接続された、一对の抵抗器R64、R65と、トランジスタTR62のエミッタと電源ラインとの間に設けられたインダクタL61とから構成され、トランジスタTR62のコレクタを伝送線4の一方の信号線4aに接続することにより、信号線4aに、送信信号Txに応じて漸増・漸減する電流iLaを流出するようにされている。

【0074】一方、流入用ドライバ回路は、流出用ドライバ回路を反転したものであり、NPN型のトランジ

19

タTR63と、通信IC8から出力される送信信号TxをトランジスタTR63のベースに入力して、送信信号TxがHighレベルであるときにトランジスタTR63をON状態にするための抵抗器R63と、抵抗器R63の通信IC8側に設けられた接地抵抗器R61と、トランジスタTR63のエミッタとグラウンドラインとの間に設けられたインダクタL62とから構成され、トランジスタTR63のコレクタを伝送線4の一方の信号線4bに接続することにより、信号線4bから送信信号Txに応じて漸増・漸減する電流 i_{Lb} を吸い込むようにされている。

【0075】なお、接地抵抗器R61は、送信信号TxがHighレベルからLowレベルに反転して、トランジスタTR63がOFF状態に移行する過程で、インダクタL62に蓄積されたエネルギーによりトランジスタTR63のエミッタ電圧がグラウンドラインの電位よりも更に低下したとき、トランジスタTR63のベース側に電流を流して、トランジスタTR63に流れる電流を除々に減少させるためのものである。

【0076】そして、このように構成された図7に示すデータ通信装置によれば、伝送線4を構成する一対の信号線4a、4bに発生するノイズを互いに相殺させることができるので、放射ノイズの発生をより確実に抑制することができ、データ通信の精度も向上することができる。

【図面の簡単な説明】

10

*【図1】 実施例のデータ通信装置を構成するECU内に設けられたドライバ回路及び受信回路の基本構成を表わす説明図である。

【図2】 実施例の自動車用データ通信装置全体の構成を表わす概略構成図である

【図3】 実施例のデータ通信装置の動作を説明するタイムチャートである。

【図4】 ドライバ回路の具体的構成例を表わす電気回路図である。

【図5】 終端回路の具体的構成例を表わす電気回路図である。

【図6】 ECU内に設けられるドライバ回路及び受信回路をより実用的にした回路例を表わす電気回路図である。

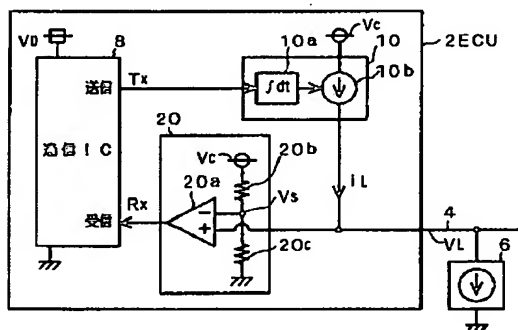
【図7】 伝送線にツイストペア線を用いたデータ通信装置の一例を表わす電気回路図である。

【符号の説明】

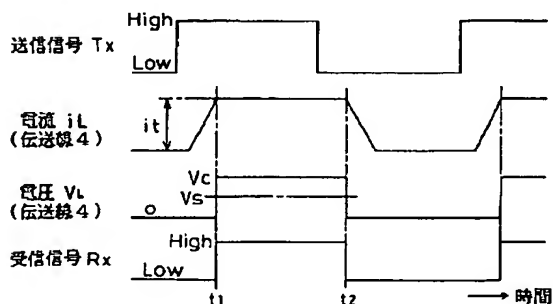
2, 2a~2n...ECU(電子制御装置) 4...伝送線 6...終端回路
8...通信IC Tx...送信信号 Rx...受信信号
10...ドライバ回路
10a...積分器 10b...電流源 20...受信回路
20a...コンパレータ 20a, 20b...抵抗器(判定電圧生成用)

*

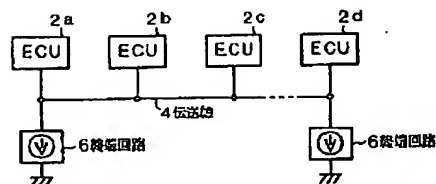
【図1】



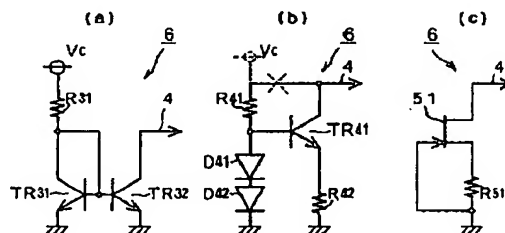
【図3】



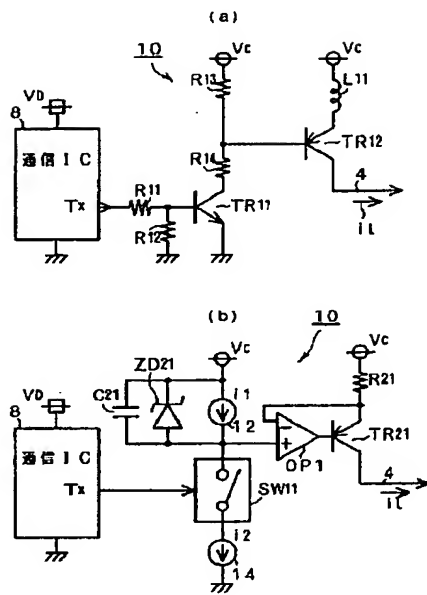
【図2】



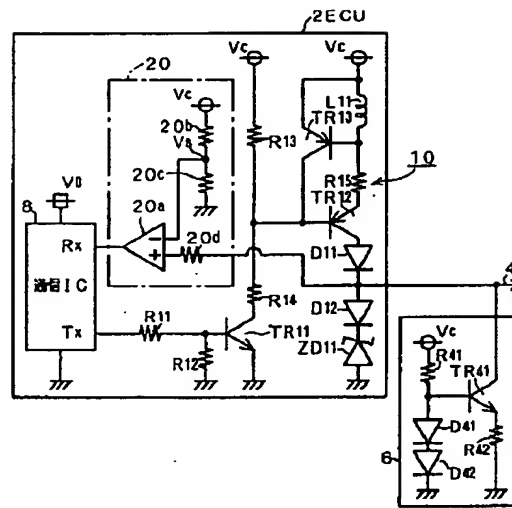
【図5】



【図 4】



【図 6】



【図 7】

